

Bitte nicht stören: EMV – Kenngrößen und Messung

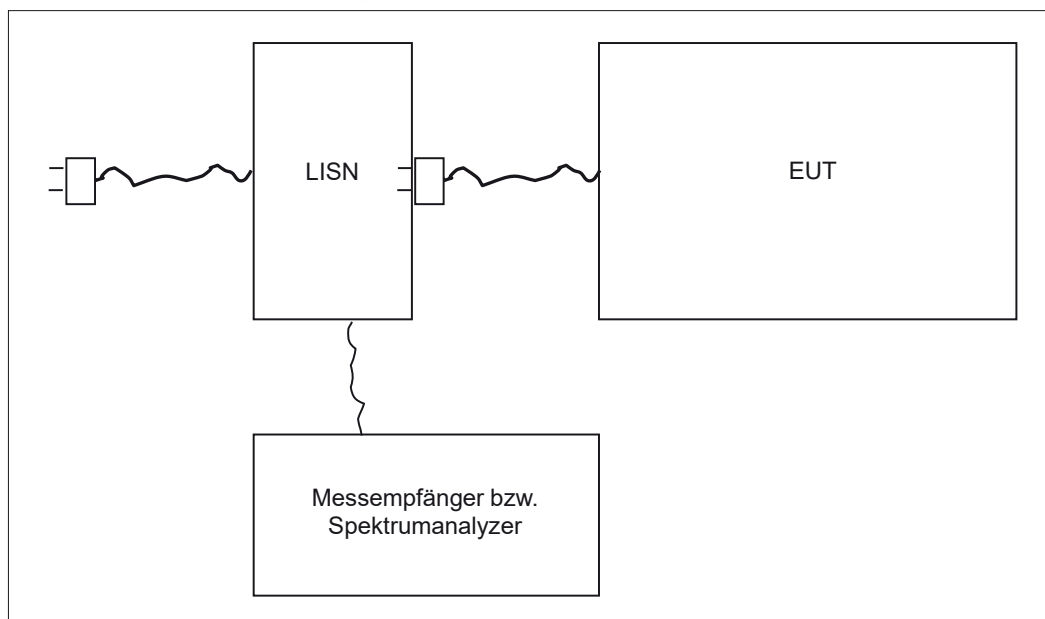


Bild 1: Messaufbau zur Messung leitungsgeführter Störungen (vereinfacht)

Teil 1: Emissionen

Die Elektromagnetische Verträglichkeit, kurz EMV, ist ein wichtiges Thema sowohl für die Funktion eines elektrischen Systems als auch für die Einhaltung gesetzlicher Richtlinien. Per Definition der Richtlinie

2014/1030/EU ist die elektromagnetische Verträglichkeit wie folgt definiert: „die Fähigkeit eines Betriebsmittels, in seiner elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für andere Betriebsmit-

tel in derselben Umgebung unannehmbar wären“

Die EMV teilt sich somit in zwei Bereiche:

1. Emissionen, also die Beeinflussung der Umgebung

Diese Störungen ergeben sich vorrangig aus der Taktung primärseitig bzw. der Gleichrichtung sekundärseitig. Obwohl die Taktfrequenz eines Schaltnetzteils mit 70 - 100 kHz vergleichsweise niedrig ausgelegt ist, entstehen durch die kurzen Anstiegs- und Abfallzeiten des Schalttransistors auch höhere Frequenzen als Vielfaches der Grundfrequenz ($= X * 70 - 100 \text{ kHz}$). Dieses Phänomen der Fourier-Transformation sorgt dafür, dass die gewünschten schnellen Wechsel Ein/Aus zur Grundlage der EMV-Emissionen werden. Dabei sind im Bereich bis 30 MHz vor allem die leitungsgeführten Störungen zu berücksichtigen. Diese werden unterschieden in Gleichtaktstörungen (L und N tragen gegen PE den gleichen Pegel) und Gegentaktstörungen (L und N haben unterschiedliche Pegel gegeneinander).



Bild 2: Messaufbau einer leitungsgebundenen Störmessung in geschirmter EMV-Kammer

Autoren:
Heidrun Seelen,
Vertriebsleitung und
Frank Cubasch,
Geschäftsführer
Magic Power Technology GmbH
www.mgpower.de

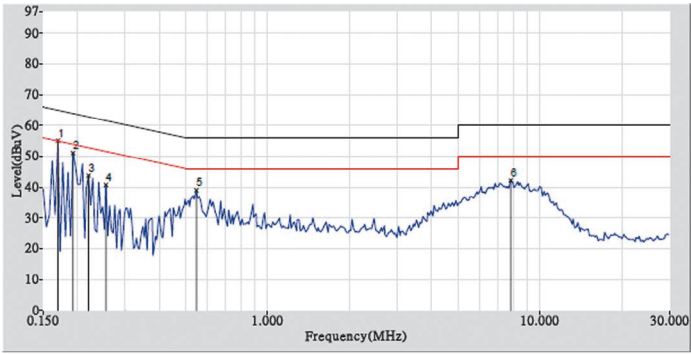


Bild 3: Beispielkurve einer Messung der leitungsgeführten Störspannung

Im Bereich >30 MHz sind dagegen eher abgestrahlte Störungen relevant.

2. Immissionen, also die Beeinflussung durch externe Störungen

Dies können z. B. elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder sein (durch Sendeanlagen, Blitzeinschläge, Schaltvorgänge im Stromnetz, HF Einstrahlung z. B. von CPUs usw.).

Im 1. Teil sollen die bekanntesten Emissionen beleuchtet werden.

Emissionen können sowohl leitungsgeführt über die Netzzuleitung des elektrischen Systems als auch durch Abstrahlung erfolgen.

Leitungsgeführte Störungen

Diese Störungen (auch conducted emissions) werden besonders im Bereich der Informationstechnologie (Frequenzbereich von 150 kHz – 30 MHz) vermessen und analysiert. Die entsprechende Basisnorm - im IT/Industriebereich ist die neue, gegenüber der alten Norm umfassendere - EN55032. Je nach Anwendung im Heim- oder Industriebereich gibt es unterschiedliche Limits. Andere Normen setzen den Frequenzbereich noch tiefer an. Für Marineanwendungen werden z. B. Frequenzen bereits ab 10 kHz aus-

gewertet. Auch in der Militärtechnik wird der zu vermessende Frequenzbereich erweitert, was hier aber nicht betrachtet werden soll.

Der Messaufbau für die Messung der leitungsgeführten Störungen setzt sich aus Prüfling (EUT), Netznachbildung (Line impedance stabilization network LISN) und Messempfänger bzw. Spektralanalyzer zusammen (Bild 1).

Die Netznachbildung LISN stellt einerseits ein Filter zum Netz und eine normierte Netzimpedanz dar. Andererseits übernimmt sie die Funktion der Signalauskopplung. Als Empfänger kommen entweder ein Spektralanalyzer und/oder ein Messempfänger zum Einsatz. Der Vorteil des Spektralanalyzers liegt in der grafischen Darstellung und Verarbeitungsgeschwindigkeit, während der Messempfänger oftmals für Detailmessungen eingesetzt wird. Die Messung wird jeweils mit L- und N-Bezug durchgeführt. Für Messungen von DC/DC-Wandlern gibt es spezielle Netznachbildungen. Bild 2 zeigt den Messaufbau einer leitungsgebundenen Störmessung in geschirmter EMV-Kammer.

Für die Messung sind bestimmte Normvorgaben zu beachten wie z. B. Länge des Eingangskabels, Abstand der Geräte zueinander, Bandbreite Empfänger, Messzeiten usw.

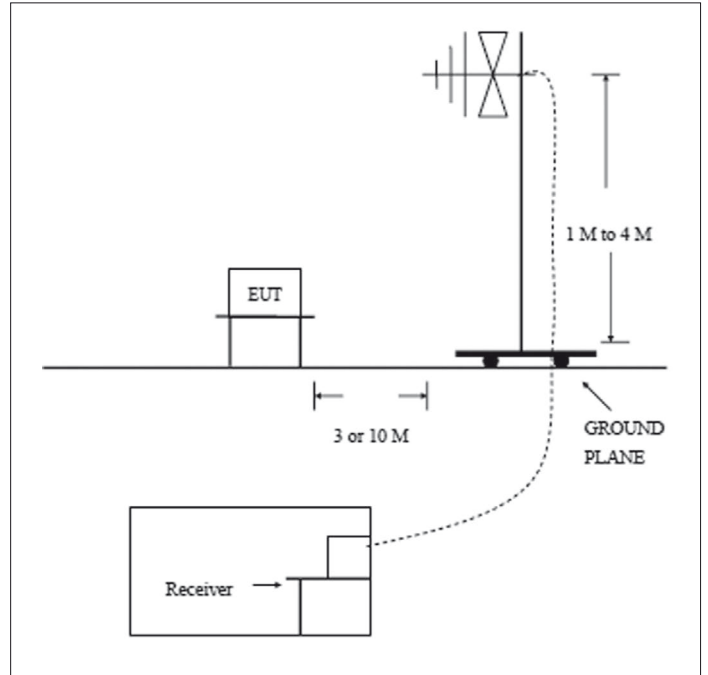


Bild 4: Messaufbau zur Messung abgestrahlter Störungen im Freifeld

Die typischen Limits sind wie in den Tabellen unten festgelegt.

Die beiden Messwerte Mittelwert (AV) und Quasipeak (QP) entsprechen den CISPR-Vorgaben. Das CISPR ist das Internationale Sonderkomitee für Funkstörungen und erstellt normierte Störungs-Messmethoden für elektromagnetische Störungen. Während der Average Wert AV den arithmetischen Mittelwert der Hüllkurve des Störsignals anzeigt, stellt der Quasipeak eine Bewertung nach dem menschlichen Störeindruck dar. Dadurch erhält man einen hohen QP Wert entweder bei wenigen Wiederholungen, aber mit hoher Amplitude oder bei vielen Wiederholungen mit geringer Amplitude.

Aus dieser Definition heraus kann der QP Wert nur maximal so hoch sein wie der reine Peak-Wert, weswegen Messungen im ersten Schritt auch nur im Peak- sowie im AV-

Modus ausgeführt werden. Nur bei Überschreitungen oder geringen Abständen des Peak-Wertes zum QP Limit werden bestimmte Frequenzen im QP Modus nachgemessen. Diese Messung ist durch die vorgegebenen Messzeiten aufwändiger.

Bild 3 zeigt ein Beispiel der leitungsgeführten Störspannungsmessung an einem Netzteil:

Die schwarze Kurve stellt das QP Limit dar, die rote Kurve das AV Limit. Die blaue Kurve ist die Messung der Spitzenwerte (Peak) des Netzteilprüflings. An einigen Punkten (hier 1 - 6) weisen die Spitzenwerte einen relativ geringen Abstand zum Limit auf. Deshalb werden die Frequenzbereiche üblicherweise nochmals detailliert auf die QP-Werte vermessen. Im Kurvenverlauf kann man hier im unteren Frequenzbereich die Vielfachen der Schaltfrequenz des Netzteils (Oberwellen 1 - 4) erkennen.

Abgestrahlte Störungen

Neben der Messung der leitungsgeführten Störspannung ist die Abstrahlung ein weiterer Bereich der Störaussendungen bzw. Emissionen. Die Messung erfolgt für die IT/Industrie ebenfalls nach der EN55032 bzw. für die Medizin nach der EN60601-1-2. Der Messbereich erstreckt sich von 30 MHz bis zu mehreren GHz. Die Fest-

Haushalt – Klasse B

Frequenz	150 kHz – 500 kHz	500 kHz – 5 MHz	5 - 30 MHz
Mittelwert (AV)	56 - 46 dBµV	46 dBµV	50 dBµV
Quasipeak (QP)	66 - 56 dBµV	56 dBµV	60 dBµV

Industrie – Klasse A

Frequenz	150 kHz – 500 kHz	500 kHz – 5 MHz	5 - 30 MHz
Mittelwert (AV)	66 dBµV	60 dBµV	60 dBµV
Quasipeak (QP)	79 dBµV	73 dBµV	73 dBµV

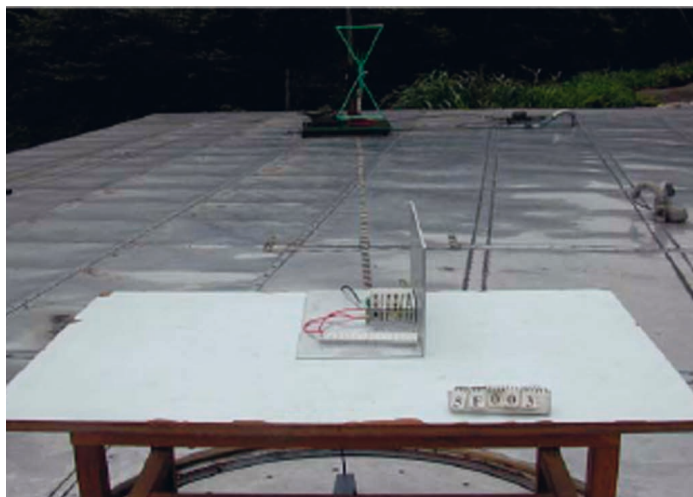


Bild 5: Messaufbau zur Abstrahlungsmessung im Freifeld

legung der oberen Messfrequenz wird u. a. durch die höchste Taktfrequenz der Applikation bestimmt.

In diesem Frequenzbereich sind eher die abgestrahlten Störungen gegenüber den leitungsgeführten relevant, da sich bei höheren Frequenzen elektrische (E-) und magnetische (H-) Felder vom Netzteil lösen. Hierbei sind im Nahfeld (unmittelbare Nähe zum Netzteil - je nach Definition 1 - 4x Wellenlänge) die Feldwellenwiderstände für das E- und H-Feld unterschiedlich. Sie ändern sich mit dem Abstand zum Netzteil. Dagegen pendeln sich die Feldwellenwiderstände für das H- und das E-Feld im Fernfeld (\gg Wellenlänge) auf einen festen Widerstand von 377 Ohm ein. Um die Abstrahlung im elektrischen Feld sicher messen zu können, müssen deshalb gewisse Abstände (3 bzw. 10 m) eingehalten werden.

Messung der Abstrahlung

Zur Messung der Abstrahlung gibt es verschiedene Ansätze. Gebräuchlich sind Freifeld mit 10 m und 3 m Messabstand, Absorberkammern 10 m und 3 m, TEM/GTEM Zellen und Modenverwirbelungskammern. Als Basis dient das 10-m-Freifeld, auf welches die Messwerte rückgerechnet werden. Bei dieser Freifeldmessung durchläuft die Antenne

einen Höhenscan von 1 - 4 m, während ein Drehtisch den Prüfling um 360° dreht. Neben der Messung mit Antenne in horizontaler Ausrichtung erfolgt noch die Messung in vertikaler Ausrichtung. An dieser Aufzählung kann man erkennen, welche Vielzahl von unterschiedlichen Messparametern berücksichtigt werden müssen. Die Messung erfolgt im Quasipeakmode, also eine Messung des Spitzenwertes unter zusätzlicher Berücksichtigung der Wiederholfrequenz. Die Zeit, welche der Empfänger für einen Frequenzschritt (120 kHz) im QP mode benötigt, liegt bei 1 sec. (sog. Sweep). Über den gesamten Frequenzbereich führt dies zu einer recht langen Messdauer. Aus diesem Grund durchläuft der Prüfling zuerst einen Peak-Sweep und wird im Nachgang mit dem Quasipeak-Detektor detailliert vermessen.

Bei Netzteilen mit typischen Schaltfrequenzen von 60 - 100 kHz und den Vielfachen davon sind Störfeldstärken im niedrigen Frequenzbereich von 30 MHz bis etwa 3 - 500 MHz zu erwarten. Hier entsteht die Abstrahlung über das Netzteil oder die angeschlossenen Kabel, insbesondere das Netzkabel. Die o.g. Normen beschreiben den Messaufbau und die Verlegung des Kabels während der Messung (Bild 4, 5 und 6).

Als Limits sind festgesetzt:

Frequenz	30 MHz – 230 MHz	230 MHz – 1000 MHz
Haushalt Klasse B	40 dB μ V/m	30 dB μ V/m
Industrie Klasse A	47 dB μ V/m	37 dB μ V/m



Bild 6: 3,5-m-TEM-Zelle zur Abstrahlungsmessung

Die Messungen werden bei Einbaunetzteilen oftmals in entsprechenden Gehäusen durchgeführt, um die Einbausituation beim Kunden in seinem Gehäuse nachzustellen.

Bild 7 zeigt das Ergebnis einer Beispielmessung.

Emissionen reduzieren

Mit einer EMV-gerechten Konstruktion lassen sich die Emissionen teilweise deutlich reduzieren. Nachfolgend einige Tipps dazu:

1. Das Netzteil sollte möglichst nah am Netzeingang platziert werden.
2. Die Netzzuleitung im Gehäuse sollte möglichst kurz sein. Je größer der Abstand des Kabels zur restlichen Elektronik ist, desto geringer ist die Gefahr, dass HF-Störungen über das Netzkabel nach außen geleitet werden.
3. Die Zuleitung sollte möglichst nicht über die Applikation bzw.

über das Netzteil geführt werden, da sich ansonsten eine Störspannung einkoppeln kann.

4. Wenn möglich sollten Gehäuse und Deckel großflächig und niederohmig geerdet werden.
5. Masseschleifen sollten vermieden werden.
6. Insbesondere bei großen Frequenzen ist die Größe der Gehäuseschlitz zu beachten. Kleine Schlitz sind von Vorteil.
7. Netzteillieferanten oder Labore bieten die Möglichkeit EMV-Vormessungen (Precompliance Messungen) durchzuführen. So können frühzeitig potentielle Störquellen ausfindig gemacht und später Zeit und Kosten gespart werden.

Im 2. Teil werden Oberschwingungen (Harmonische) sowie die Immissionen beleuchtet. ◀

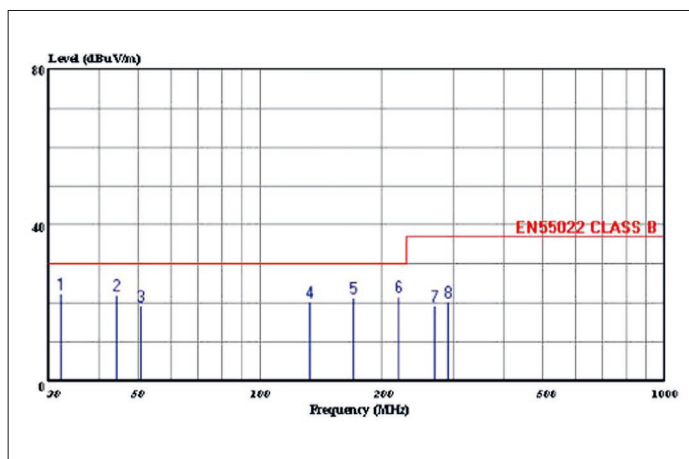


Bild 7: Beispielmessung der abgestrahlten Störspannung